

## METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DE PAISAJE DESDE INFRAESTRUCTURAS LINEALES.

### Autores/Ponente

Isabel Otero Pastor  
Doctor Ingeniero de Montes.  
Profesora Titular ETSI MONTES.  
Dpto: Construcción y Vías Rurales.

Mónica Navarra Sáenz  
ITS AGRÓNOMO, Diploma de Estudios Avanzados (DEA)  
Dpto: Construcción y Vías Rurales.

Ana Pilar Espluga González de la Peña  
Doctor Ingeniero de Montes.  
ETSI MONTES.  
Dpto: Construcción y Vías Rurales.  
Alejandra Ezquerro Canalejo.  
Doctor Ingeniero de Montes.  
Profesora Titular ETSI MONTES.  
Dpto: Construcción y Vías Rurales.

## RESUMEN

La reciente legislación sobre Patrimonio Natural y Biodiversidad exige que en los planes de ordenación se incluya la valoración del paisaje. Es el reflejo de la nueva tendencia de conservación del paisaje, como recurso natural y escaso, válido para el uso social y recreativo.

El trabajo que se presenta desarrolla una Metodología que permite valorar el paisaje desde infraestructuras lineales de forma que pueda ser utilizada por los técnicos a la hora de planificar tanto las infraestructuras como los usos de las mismas ( Ej: vía escénica). Considera el paisaje un recurso más y que por tanto se puede objetivar y cuantificar para obtener un inventario del mismo junto con el resto de recursos a tener en cuenta a la hora de planificar y gestionar

Se ha desarrollado un Método Mixto en el que se tiene en cuenta tanto las componentes de paisaje o elementos objetivos (Ej: vegetación, usos de suelo,...) y elementos subjetivos o categorías estéticas (expresión, simbolismo, unidad,...)

Aplicando la fórmula estadística de Regresión Múltiple se obtiene los coeficientes de ponderación que se corresponden con el valor de las categorías subjetivas. Para ello se han realizado encuestas en una muestra lo suficientemente amplia como para permitir cuantificar la subjetividad

La FÓRMULA FINAL de valoración obtenida expresada en tanto por uno:

$$V = 0,35Fcos + 0,36Bcos + 0,18Vis + 0,11RC - 0,11EA$$

Donde:

- Fcos: Elementos físicos: Forma del terreno, presencia de agua o nieve.  
Varía entre 1, 0.5, 0. Siendo
  - 1: Montañas, presencia de agua o nieve.
  - 0.5: Colinas.
  - 0: Diseminados y terrenos agrícolas poco vistosos.
- Bcos: Elementos Biológicos: presencia de Fauna y Flora. Varía entre 0 y 1, siendo:
  - 0: No presentes.
  - 0.5: Presencia media.
  - 1: Abundantes.
- Vis: Vistas. 0: inexistentes, 0.5: más de 90°, y 1: panorámica.
- RC: Recursos Culturales. 0: no presentes, 0.5 presencia media, 1 abundantes.

- EA: Elementos que Alteran. Presencia de cables eléctricos, edificaciones.
- 0: no presentes, 0.5 presencia media, 1 abundantes.

Los resultados de esta encuesta han sido contrastados con una valoración independiente mediante un Método Directo.

## INTRODUCCIÓN.

En la primera parte del estudio que se presenta se analizaron los siguientes aspectos:

1. **Objetivo.** El objetivo es desarrollar una Metodología que permita valorar el paisaje desde infraestructuras lineales que pueda ser utilizada por los técnicos a la hora de planificar tanto las infraestructuras como los usos de las mismas (Ej: vía escénica).
2. **Definición de Paisaje:** y evolución de su concepto a lo largo del tiempo en la bibliografía consultada.
3. **Infraestructuras a estudiar.** Concepto de carreteras, caminos y senderos, y vías pecuarias.
4. **Metodologías de Valoración de Paisaje:** Se analizaron las Metodologías Directas, gran componente subjetivo; Indirectas, básicamente objetivas, y finalmente Mixtas, con componente objetivo y subjetivo.
5. **Metodología.** De la bibliografía consultada se deduce que el método más adecuado para la valoración de paisajes es el Método Mixto en el que se tienen en cuenta tanto las componentes de paisaje o elementos objetivos (Ej: vegetación, usos de suelo,...). como los elementos subjetivos o categorías estéticas (expresión, simbolismo, unidad,...). En un primer momento en la investigación se partió de un ajuste de la Metodología de Cañas (Cañas, I., 1995), pero más adelante, durante la investigación, se llegó a la conclusión de que sería más adecuado partir de cero en la aplicación del Método Mixto, fórmula de Dunn de Regresión Múltiple, para la valoración del paisaje.

En la segunda parte del estudio que es la que aquí se presenta, se crea una nueva metodología mixta de valoración, especialmente pensada para infraestructuras lineales.

Tras realizar una revisión bibliográfica de las variables que parecían más adecuadas al objetivo buscado en carreteras, caminos y senderos, se realizó un muestro piloto para comprobar su idoneidad. Y posteriormente una encuesta donde, además de medir la subjetividad del observador ante determinadas variables objetivas, se buscaban datos para la comprobación del Método calculado y representado por la FORMULA FINAL de valoración.

## METODOLOGIA MIXTA.

De acuerdo con la bibliografía consultada el método más adecuado para la valoración de paisajes es el Método Mixto en el que se tiene en cuenta tanto las componentes de paisaje o elementos objetivos (Ej: vegetación, usos de suelo,...) y elementos subjetivos o categorías estéticas (expresión, simbolismo, unidad,...)<sup>1</sup>

Aplicando la fórmula estadística de Regresión Múltiple se obtiene los coeficientes de ponderación que corresponden con el valor de las categorías subjetivas.

### Regresión Múltiple.

De acuerdo con la bibliografía consultada (Dunn, 1974)<sup>2</sup>, la fórmula estadística para la elaboración de un Método Mixto de valoración de paisaje sería la denominada Regresión Múltiple. Esta fórmula asigna a la variable dependiente la suma de las variables independientes, constituidas por los componentes físicos, ponderadas por unos coeficientes que constituirían la valoración de las categorías estéticas o elementos subjetivos. La variable dependiente estaría formada por:

$$y = y_1 + y_2 + \dots + y_n$$

La variable dependiente estaría formada por:

$$y = \sum_{i=1}^n b_i . x_i$$

Siendo:

- $i$  = número de variables objetivas.
- $b_i$  = Coeficiente de ponderación donde se incluiría las categorías subjetivas.
- $x_i$  = Componente objetiva.

### Reestructuración del sistema de pesos

Una vez obtenidas las valoraciones, es decir  $y_j$ , se podrían, aplicando el mismo método, calcular los coeficientes que aportaría el elemento subjetivo ( $b_i$ ).

Aplicando el Método de Mínimos Cuadrados.

---

<sup>1</sup> Navarra, M., Montero, L. G., Martínez Saura, J. 2007. Metodología de Valoración del Paisaje en Infraestructuras Lineales I. Congreso sobre Paisaje e Infraestructuras. Sevilla, 2007.

<sup>2</sup> Dunn, M. C. 1974. Landscape evaluation techniques: Appraisal and review of the lecture. Centre for Urban and Regional Studies, University of Birmingham.

$$b_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (y - \bar{y})^2}{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}}$$

Donde:

- $j$  = número de fotografías ó paisajes diferentes.
- $x_{ij}$  = valor de la componente  $x_i$  en la fotografía ó paisaje  $j$ .
- $\bar{x}_j$  = media de los valores  $x_{ij}$  para una misma componente ( $i$  = constante)
- $y$  = valoración directa del paisaje  $j$
- $\bar{y}$  = valoración de media de los paisajes realizadas por todos los observadores. El número total de valoraciones realizadas por cada observador es  $j$ .

Se realiza la valoración completa.

Una vez obtenidos los coeficientes se habría obtenido una nueva metodología para valorar el paisaje basada en la herramienta estadística de regresión múltiple.

Tamaño de la Muestra. Modelo de GAUSS para Regresión Múltiple.

Para la aplicación de esta herramienta es necesario realizar una encuesta lo suficientemente grande como para que permita cuantificar la subjetividad.

El tamaño de la muestra viene dado por la expresión:

$$n = \left( \frac{\sigma(Z_{1-\alpha/2})}{d} \right)^2$$

$\sigma$  = Varianza.

$d$  = Error.

$\alpha = d/2$ .

$1 - \alpha = 1 - 0,95 \rightarrow 1 - \alpha / 2 = 0.95$ . Cumpliendo las condiciones anteriormente mencionadas se calcula con este valor, el valor de

$Z_{1-\alpha/2}$  utilizando la herramienta estadística de la Campana de Gauss.

Para emplear esta fórmula, FORMULA DE GAUSS, el modelo tiene que cumplir una serie de condiciones; El modelo de regresión múltiple requiere: linealidad, que el

valor promedio del error sea cero, que la varianza de los errores sea constante y no dependa del nivel de las variables, independencia, normalidad y no correlación.

En nuestro caso el número necesario para un error (d) inferior al 10% y una varianza ( $\sigma$ ) de 0.5 sería de 97 encuestas.

$$\sigma = 0,5$$

$$d = 0,1$$

$$1 - \alpha = 0,95$$

$$1 - \alpha / 2 = 0,975;$$

$$Z_{1 - \alpha / 2} = 1,96. \text{ (Normalidad, usando la tabla de la campana de Gauss)}$$

$$n = (0,5 * 1,96 / 0,1)^2 = 96,4 = 97.$$

Se realizaron 107 encuestas.

## ENCUESTA

Mediante consulta a la literatura científica existente sobre el tema se han seleccionado las siguientes variables explicativas del paisaje:

- Factores Físicos<sup>3</sup>.
- Factores Biológicos. Flora y Fauna<sup>4, 5</sup>.
- Recursos Culturales<sup>6,7,8</sup>
- Vistas<sup>9</sup>.
- Elementos que alteran<sup>10, 11</sup>

## MUESTREO PILOTO.

El Muestreo Piloto fue realizado para detectar si las variables obtenidas mediante bibliografía tenía el interés para nuestra aplicación que los resultados de los autores publicaban.

---

<sup>3</sup> Pavlikakis, Georgios E., Vassilios A. Tsihrintzis. 2005. Perception and preferences of local population in Eastern Macedonia and Thrace National Park in Greece, Landscape and Urban Planning.

<sup>4</sup> Pavlikakis, Georgios E., Vassilios A. Tsihrintzis. 2005. Perception and preferences of local population in Eastern Macedonia and Thrace National Park in Greece, Landscape and Urban Planning.

<sup>5</sup> Rogge Elke, Nevens, F., Gulinck, H. 2007. Perception of Rural Landscapes in Flanders: Looking beyond aesthetics.. Landscape and Urban Planning 52, 159 – 174.

<sup>6</sup> Pavlikakis, Georgios E., Vassilios A. Tsihrintzis. 2005. Perception and preferences of local population in Eastern Macedonia and Thrace National Park in Greece, Landscape and Urban Planning.

<sup>7</sup> Cañas, I. 1995. Valoración del paisaje: Unicopia: Lugo,

<sup>8</sup> Stephenson Janet. 2008. The Cultural values model: An integrated approach to values. Landscape and Urban Planning. 84, 127 – 139.

<sup>9</sup> Cañas, I. 1995. Valoración del Paisaje. Unicopia: Lugo.

<sup>10</sup> Cañas, I. 1995. Valoración del Paisaje. Unicopia: Lugo.

<sup>11</sup> Rogge Elke, Nevens, F., Gulinck, H. 2007. Perception of Rural Landscapes in Flanders: Looking beyond aesthetics.. Landscape and Urban Planning 52, 159 – 174.

## ENCUESTA.

Para la realización de la encuesta se utilizaron unas fotografías pertenecientes a la Cañada en el término municipal de El Cuadrón en la Comunidad de Madrid, realizadas en Primavera, siete puntos a lo largo de 8 kilómetros, y cuatro vistas de cada punto: frente, atrás, derecha e izquierda.

La encuesta consta de dos partes diferenciadas

### PARTE I.

Se trataba de que el encuestado valorara en tanto por ciento el interés que para él representaban las variables obtenidas mediante la Bibliografía. Es decir:

- Factores Físicos.
- Factores Biológicos.
- Vistas.
- Recursos Culturales.
- Elementos que alteran.

Con ello se pretende medir la categoría de subjetividad que representan.

### PARTE II

Se mostraban una serie de fotografías en las que se solicitaba valorar de 1 a 10 la calidad del paisaje representado.

Esta valoración sirve para comprobar los resultados obtenidos en la FÓRMULA FINAL.

## Encuesta 2.008. Nueva Metodología de Valoración de Paisaje desde Vías Pecuarias

Datos de la muestra:

Año de nacimiento.....

Estudios ..... (Primaria, Secundaria, Grado Medio o Superior)

Sexo.....

### PARTE I

Cómo intervienen las siguientes variables en la valoración del paisaje. En %.

FACTORES FÍSICOS:			%
	Forma del terreno	%	
		Llano	
		Colina	
		Montaña	
		TOTAL	100
	Nieve	%	
	Usos del suelo	%	
	Agua.	%	
	TOTAL	100	
FACTORES BIOLÓGICOS.			
	Vegetación.		
	Fauna.		
	TOTAL	100	
Vistas. Localización del observador.			
Recursos culturales. El estudio se trata de vías pecuarias.			
Elementos que alteran. Contabilizarían como factores negativos.			
TOTAL	100		



PARTE II:

Calificar de 1 a 10 los siguientes paisajes (fotografías).

PUNTO		Calificación
1	FRENTE	
	ATRÁS	
	DERECHA	
	IZQUIERDA	
2	FRENTE	
	ATRÁS	
	DERECHA	
	IZQUIERDA	
3	FRENTE	
	ATRÁS	
	DERECHA	
	IZQUIERDA	
4	FRENTE	
	ATRÁS	
	DERECHA	
	IZQUIERDA	
5	FRENTE	
	ATRÁS	
	DERECHA	
	IZQUIERDA	
6	FRENTE	
	ATRÁS	
	DERECHA	
	IZQUIERDA	
7	FRENTE	
	ATRÁS	
	DERECHA	
	IZQUIERDA	

## RESULTADOS. FÓRMULA FINAL

El resultado final es la obtención de una Metodología para valorar el paisaje desde infraestructuras lineales, teniendo en cuenta componentes y categorías. Es decir, existe una relación entre  $x_i$  e  $y_{ij}$  que se pueden aproximar a una recta de pendiente  $b_i$ , siendo  $i$  de 1 a 5:

$i = 1$ : Factores Físicos,  $b_1 = .0,35$ .

$i = 2$ : Factores Biológicos,  $b_2 = 0,36$ .

$i = 3$ : Vistas,  $b_3 = 0,18$ .

$i = 4$ : Recursos Culturales,  $b_4 = 0,11$ .

$i = 5$ : Elementos que alteran,  $b_5 = 0,11$ .

Avalado además por la varianza que es menor de 0.5, en cada uno de los casos.

La FÓRMULA FINAL de valoración expresada en tanto por uno, es:

$$V = 0,35Fcos + 0,36Bcos + 0,18Vis + 0,11RC - 0,11EA$$

Donde:

- $V$ : Valor total. Puntuación de 0 a 1.
- $Fcos$ ,  $X_1$ : Elementos físicos: Forma del terreno, presencia de agua o nieve. Varía entre 1, 0.5, 0
- $Bcos$ ,  $X_2$ : Elementos Biológicos: presencia de Fauna y Flora. Varía entre 0, 0.5 y 1.
- $Vis$ ,  $X_3$ : Vistas. Varían entre 0, 0.5 y 1.
- $RC$ ,  $X_4$ : Recursos Culturales. Varían entre 0, 0.5 y 1.
- $EA$ ,  $X_5$ : Elementos que Alteran. Presencia de cables eléctricos, edificaciones. Varían entre 0, 0.5 y 1.

Siendo:

Tabla 1: Valores posibles de  $X_i$

F. Físicos ( $X_1$ )	$X_1 = 1$	Muy Importantes	Montañas con presencia de cascadas y nieve
	$X_1 = 0,5$	Medio	Colinas con presencia de agua y montañas
	$X_1 = 0$	Bajo	Otros diseminados, usos agrícolas poco vistosos
F. Biológicos( $X_2$ )	$X_2 = 1$	Muchos	Gran cantidad de flora y sobretodo bosque. Variedad de fauna
	$X_2 = 0,5$	Medio	Presencia de flora
	$X_2 = 0$	Ninguno	Diseminados y tierras agrícolas poco vistosas
Vistas( $X_3$ )	$X_3 = 1$	Muy Buenas	Panorámica
	$X_3 = 0,5$	Media	$< 90^0$
	$X_3 = 0$	Ninguna	$0^0$
R. Culturales( $X_4$ )	$X_4 = 1$	Muy Abundantes	
	$X_4 = 0,5$	Medios	
	$X_4 = 0$	Ninguno	
E. que Alteran( $X_5$ )	$X_5 = 1$	Muchos	
	$X_5 = 0,5$	Medios	
	$X_5 = 0$	Ninguno	

### EJEMPLO.

Se acompaña un ejemplo de uso de la Estimación Directa, una Metodología Mixta (Cañas, I., 1995), y la Formula Final.

Tomando un punto del trabajo de campo realizado en este estudio.

### PUNTO 1

#### DERECHA



#### IZQUIERDA



Estimación Directa.

De acuerdo con la encuesta realizada este punto tiene la siguiente valoración:

PTO 1	y media (j = 1 - 107)
DERECHA	5,6588785
IZQUIERDA	6,28971963

Metodología de I. Cañas.

Los 7 puntos en primavera oscilan entre 53.75 y 59.75. En concreto el PTO 1

PTO 1	
DERECHA	5,67
IZQUIERDA	5,67

FÓRMULA FINAL.

La Fórmula Final obtenida en el estudio, tras la encuesta, es la siguiente:

PROMEDIO %/100	TOTAL(Fcos)	TOTAL (Bcos)	Vistas	Recursos Culturales		Elementos que alteran
	34,70682714	36,3275806	18,1793246	10,78605728	100	10,78605728
	0,35	0,36	0,18	0,11	1	0,11

Dando como resultado:

$$V = 0,35 \text{ Fcos} + 0,36 \text{ Bcos} + 0,18 \text{ Vis} + 0,11 \text{ RC} - 0,11 \text{ EA}$$

Aplicado al PUNTO 1:

b <sub>i</sub>	Xi :		DCHA	IZDA
(b <sub>1</sub> )0,35	Fcos	X <sub>1</sub> (medio)	0,5	0,5
(b <sub>2</sub> )0,36	Bcos	X <sub>2</sub> (medio)	0,5	0,5
(b <sub>3</sub> )0,18	Vis	X <sub>3</sub> (Muy buenas/ buenas)	1	1
(b <sub>4</sub> )0,11	R. C	X <sub>4</sub> (medios)	0,5	0,5
(b <sub>5</sub> ) - 0,11	E. A	X <sub>5</sub> (ninguno)	0	0
VT = 0,35.0,5 + 0,36.0,5 + 0,18.1 + 0,11.0,5 - 0,11.0			0,59.10=5,9	0,59.10=5,9

## CONCLUSIONES

### ANÁLISIS Y CONCLUSIONES.

Los resultados de la encuesta han sido contrastados con una valoración independiente mediante un Método Directo. Los resultados, que sirven para contrastar, avalan la FÓRMULA FINAL en una valoración total de todos los PUNTOS. Al comprobar la varianza < de 0,5, y el error < 0,1, hemos cumplido objetivos, sin embargo un error menor podría conseguirse aumentando el tamaño de la muestra de la encuesta.

Los DATOS obtenidos de valoración final, de todas las fotografías son los siguientes:

- Estimación Directa media: 6,04. (De todas las fotografías)
- Fórmula I. Cañas: 5,60.
- FÓRMULA FINAL. 6,45. (Media de los PTOS 1 a 7, frente, atrás, dcha e izda).

### ESTIMACIÓN DIRECTA.

Los datos de valoración de las fotografías fueron simplificados con la Media de todas las fotografías. Como consecuencia se pierde detalle para la valoración puntual; pero permite un resultado a una escala mayor, muy útil sobretudo en la Planificación, siendo también válido para la gestión (a nivel de proyecto) de las infraestructuras sometidas a estudio.

### FORMULA I. CAÑAS.

En uno de los trabajos de investigación realizados por I. Cañas sobre paisaje logró una fórmula de valoración de paisaje contrastada. Se trata de una metodología mixta. Ésta se ha utilizado como ejemplo<sup>12</sup> de las Fórmulas de valoración y aproximación de paisaje de este estudio. Los datos obtenidos con la fotografías de nuestro estudio muestran peores datos que Fórmula Final, son más bajos.

### FÓRMULA FINAL.

La media muestra unos resultados de 6,45 algo más altos que en la valoración directa (6,04). De especial relevancia señalar la gran aproximación que ofrece la Mediana en los resultados de aplicación de la Fórmula Final. Un 6,14 (Mediana), y un 6,04 de la media de la Estimación.

---

<sup>12</sup> DEA realizado como parte de la asignatura Estudio de la Biodiversidad en los Márgenes de Carreteras para la realización del Doctorado. Navarra Sáenz, M. 2005.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernáldez, F. Gallardo, D. 1989. *Determinación de Factores que intervienen en las preferencias paisajísticas*. Arbor 518 - 519, 14 - 44.
- Cañas, I. 1995. *Valoración del Paisaje*. Unicopia: Lugo.
- Daniel, T. 2001. Whither scenic beauty? Visual landscape quality assessment in 21 st century. *Landscape and Urban Planning* 56, 267 - 281.
- Dunn, M.C. 1974. *Landscape evaluation techniques: Appraisal and review of the lecture*. Centre for Urban and Regional Studies, University of Birmingham.
- Navarra, M. Montero, L. G., Martínez Saura, J. 2007. *Metodología de Valoración del Paisaje en Infraestructuras Lineales I*. Congreso sobre Paisaje e Infraestructuras. Sevilla, 2007.
- Pavlikakis Georgios E, Vassilios A. Tsihrintzis. 2005. *Perception and preferences of local population in Eastern Macedonia and Thrace National Park in Greece*. Landscape and Urban Planning.
- Rodriek, J. 2004. Landscape Planning: its contributions to the evolution of the profession of landscape architecture. Short Communication from the Inaugural Fábos Landscape planning and Greenway Symposium. *Landscape and Urban Planning*.
- Rogge, Elke. Nevens, F., Gulinck, H. 2007. Perception of Rural Landscapes in Flanders: Looking beyond aesthetics. *Landscape and Urban Planning* 82, 159 - 174.
- Schutte, N. Mallouff, J. 1986. Preferences for complexity in natural landscape scenes. *Percept. Motor Skills* 63, 109 - 110.
- Stephenson Janet. 2008. The Cultural values model: An integrated approach to values. *Landscape and Urban Planning* 84, 127 - 139.
- Van der Windt, H. Swar, J. A. A., Keulartz, J. 2006. Nature and landscape planning: Exploring the dynamics of valuation, the case of Netherlands. *Landscape and Urban Planning*.

### Trabajos no publicados

- Navarra Sáenz, M. 2005. DEA realizado como parte de la asignatura Estudio de la Biodiversidad en los Márgenes de Carreteras para la realización del Doctorado.